

PERILAKU BANGUNAN STRUKTUR BAJA TERHADAP BEBAN GEMPA MENGUNAKAN DATA TANAH DARI HASIL UJI CPT

oleh :

Ridwan Dwi Ansyah

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Haryo Koco Buwono

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : haryo_kc@yahoo.com

ABSTRAK : Proses dalam perencanaan struktur baja tahan gempa sangat dipengaruhi oleh lokasi serta kondisi tanah. Berdasarkan SNI Gempa 1726-2012 pasal 5.3 tabel 3, ada beberapa jenis pembagian tanah yaitu batuan keras, batuan, tanah keras, tanah sedang, tanah lunak dan tanah khusus. Salah satu cara menganalisis gaya gempa yang terjadi pada suatu struktur adalah dengan Analisis Statik Ekuivalen. Beban gempa hasil analisis ini terjadi pada kolom pinggir arah sumbu X dan Y yang besarnya dibagi dengan jumlah kolom pada tiap sisi sumbu X dan Y. Hasil studi kasus menunjukkan bahwa terjadi perbedaan gaya dalam dan simpangan yang terjadi apabila bangunan terletak pada tanah dengan kelas situs sedang (SD) dan lunak (SE). Yang mana pada kelas situs lunak (SE) mempunyai nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanah kelas situs sedang (SD).

Kata Kunci: gempa, struktur baja, kelas situs tanah, analisis statik ekuivalen.

ABSTRACT : The process of planning earthquake-resistant steel structure is strongly influenced by the location and soil conditions. Based on SNI Quake 1726-2012 article 5.3 Table 3, there is some kind of division of land that is rock hard, rock hard soil, soil medium, soft soil and special soil. One way to analyze the seismic forces that occur in a structure is the Equivalent Static Analysis. Seismic load of this analysis occurred on the edge of the column axis X and Y in the amount divided by the number of columns on each side of the axes X and Y. The results of study case show that there is a difference in style and deviation that occurs when the building is located on the ground with the class site is under (SD) and soft (SE). Which at the site class of software (SE) has a greater value than the land being the site class (SD).

Keyword : seismic, structural steel, the site class of land, equivalent static analysis

Latar Belakang Masalah

Proses perencanaan struktur tahan gempa sangat dipengaruhi oleh lokasi serta kondisi tanah. Berdasarkan SNI Gempa 1726-2012 pasal 5.3 tabel 3, ada beberapa jenis pembagian tanah yaitu batuan keras, batuan, tanah keras, tanah sedang, tanah lunak dan tanah khusus. Masing-masing jenis tanah diklasifikasikan berdasarkan nilai kecepatan rambat gelombang (V_s), nilai hasil test penetrasi standar (N-SPT) atau kuat geser niralir (undrained) rata-rata (S_u).

Ketika dilakukan penyelidikan propertis tanah menggunakan test sondir, didapat nilai perlawanan konus (q_c), lalu berdasarkan nilai q_c tersebut dicek pada tabel konsistensi tanah menurut Terzaghi dan Peck (1984) tidak diketahui jenis tanah tersebut untuk dikategorikan sebagai jenis tanah pada perencanaan gempa. Akan tetapi, ada banyak rumus pendekatan yang dibuat oleh para ahli yang menghubungkan antara q_c dengan nilai SPT dan q_c dengan V_s , tetapi rumus tersebut terdapat persyaratan dan tidak menjamin 100% benar. Tentu saja hal ini dapat membingungkan perencana

struktur dalam hal penentuan jenis tanah ketika meng-input kedalam perencanaan gempa. Apabila kita sebagai perencana struktur salah dalam menentukan jenis tanah maka dapat berakibat pada kegagalan struktur.

Wiryanto Dewobroto, Universitas Pelita Harapan, menulis Jurnal Teknik Sipil Vol. 3, No.1, Januari 2006 yang berjudul "Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000" telah melakukan penelitian terhadap bangunan struktur baja. Kemudian Yosafat Aji Pranata, Universitas Kristen Maranatha, menulis Jurnal Teknik Sipil Vol. 3, No.1, Januari 2006 dengan judul "Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Push Over Analysis" menggunakan metode analisis dinamik Time History dan jenis tanah telah diketahui/diasumsikan sebelumnya. Penjelasan 2 penelitian tersebut tidak terdapat data hasil sondir dan dilakukan metode perencanaan push over analysis serta memakai peraturan lama untuk gempa (SNI 1726-2002) dan baja (SNI 1729-2000) maka, untuk itu perlu dilakukan tinjauan menggunakan data hasil dari sondir lapangan, peraturan gempa (1726-2012) dan baja (1729-2015) serta metode gempa statik ekuivalen.

Pembatasan Masalah

Beberapa pembatasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Wilayah untuk penyelidikan tanah dengan sondir adalah Cikande-Banten.
2. Kelas situs (kategori) tanah yang dipergunakan adalah jenis tanah sedang dan lunak.
3. Fungsi bangunan adalah perkantoran memakai mutu baja BJ37 dan kuat tekan beton (f_c') 30 Mpa.

4. Ukuran bangunan 18m x 12m, setinggi 14,8m dengan 4 lantai (4m + 3,6m x 3) *type* SRPMK (sistem rangka pemikul momen khusus) untuk bangunan *normal* dan *soft story*.
5. Tidak memperhitungkan sambungan struktur (join balok induk ke kolom dan balok anak ke balok induk).
6. Dipakai jenis tumpuan jepit (*fixed*) untuk kolom dan balok induk serta sendi (*hinge*) untuk balok anak.
7. Dimensi struktur dipakai untuk kolom adalah H250x250, H300x300, H350x350, H400x400 dan WF588x300.
8. Dimensi struktur dipakai untuk balok adalah WF375x175, WF400x200 dan WF450x200.
9. Data propertis tanah yang dipakai adalah data uji sondir.
10. *Software* yang dipergunakan adalah SAP2000 V17.1.1.
11. *Standard code* yang dipakai adalah SNI Baja 1729-2015 (AISC 360-10), SNI Gempa 1726-2012, SNI Beton 2847-2013 dan SNI 1727-2013 untuk pembebanan.

Tujuan

1. Mengoptimalkan hasil dari data sondir untuk penentuan jenis tanah dalam perencanaan gempa.
2. Membandingkan rasio gaya dalam dan simpangan yang terjadi.
3. Mengetahui apakah akan terjadi peningkatan dimensi struktur apabila ditentukan jenis tanah lunak.

Tinjauan Pustaka

Uji sondir saat ini merupakan salah satu uji lapangan yang telah diterima oleh praktisi dan pakar geoteknik. Uji sondir ini telah menunjukkan manfaat untuk pendugaan profil atau pelapisan tanah terhadap

kedalaman karena jenis perilaku tanah telah dapat diidentifikasi dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung dan gesekan selimutnya. Besaran penting yang diukur pada uji sondir adalah perlawanan ujung yang diambil sebagai gaya penetrasi persatuan luas ujung sondir (q_c). Besarnya gaya ini sering kali menunjukkan identifikasi dari jenis tanah dan konsistensinya. Pada tanah pasiran, tahanan ujung lebih besar daripada tanah butiran halus.

Rumus Pendekatan Nilai q_c dengan Parameter Lain

Sebagai referensi dari Terzaghi dan Peek, korelasi nilai q_c dengan SPT untuk tanah lempung adalah 2,5 dan untuk tanah pasir adalah 4. Kemudian ada banyak rumus pendekatan yang dibuat oleh para peneliti dalam menghubungkan nilai q_c dengan parameter-parameter lain. Rumus ini didapat ketika para peneliti melakukan serangkaian penelitian suatu jenis tanah pada daerah tertentu.

Tabel 1. Rumus pendekatan hasil uji CPT dengan V_s - tanah lempung-lanau

No	Parameter	Satuan	Peneliti
1	$V_s = 6.21 (q_c)^{0.444}$	q_c dalam KPa	Andrus et al
2	$V_s = 17.84 (q_c)^{0.301}$	q_c dalam KPa	Sun et al
3	$V_s = 211.2 (q_c)^{0.231}$	q_c dalam MPa	Madiai & Simone
4	$V_s = 15.70 (q_c)^{0.340}$	q_c dalam MPa	Prakoso

Tabel 2. Korelasi hasil uji CPT dengan V_s - tanah pasiran

No	Parameter	Satuan	Peneliti
1	$V_s = 24.4 (q_c)^{0.211}$	q_c dalam KPa	Andrus et al
2	$V_s = 15.37 (q_c)^{0.289}$	q_c dalam KPa	Sun et al
3	$V_s = 229.7 (q_c)^{0.253}$	q_c dalam MPa	Madiai & Simone

Tabel 3. Rumus pendekatan hasil uji V_s dengan N-SPT

No	Parameter	Satuan	Peneliti
1	$V_s = 97.0 (N-SPT)^{0.314}$	m/s	Imai dan Tonouchi, 1982 untuk semua jenis tanah, dalam Hasancebi dan Ulusay
2	$V_s = 100.5 (N-SPT)^{0.290}$	m/s	Sykora dan Stokoe 1983 untuk tanah pasiran, dalam Hasancebi dan Ulusay
3	$V_s = 97.9 (N-SPT)^{0.269}$	m/s	Hasancebi dan Ulusay untuk lempung-lanau
4	$V_s = 90.8 (N-SPT)^{0.319}$	m/s	Hasancebi dan Ulusay untuk pasiran
5	$V_s = 75.76 (N-SPT)^{0.371}$	m/s	Sun et al untuk tanah residual pelapukan-pasiran
6	$V_s = 107.94 (N-SPT)^{0.418}$	m/s	Sun et al untuk batuan lapuk-pasiran

SNI Gempa

SNI 1726-2012 dibuat setara sesuai dengan perencanaan ASCE 7-10 (atau IBC 2009). Ada beberapa tahapan untuk menganalisis beban seismik menggunakan SNI 1726-2012 yaitu :

1. Menentukan kategori resiko struktur bangunan dan faktor keutamaan. Sesuai dengan pasal 4.1.2, untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan dan non-gedung pada tabel 1 dan faktor keutamaan sesuai dengan tabel 2.
2. Menentukan parameter percepatan gempa (S_s dan S_1). Sesuai dengan pasal 6.1.1, Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) ditentukan berdasarkan gambar 9 dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) ditentukan berdasarkan gambar 10.
3. Menentukan kelas situs (SA-SF), Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3 (lampiran 1) dan pasal 5.3, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas.
4. Menentukan koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER).

Koefisien situs yang dimaksud sesuai dengan pasal 6.2 adalah F_a dan F_v , koefisien tersebut ditentukan berdasarkan tabel 4 dan 5 (lampiran 1). Kemudian ditentukan nilai S_{MS} (respons percepatan pada periode pendek) dan S_{M1} (respons percepatan pada periode 1 detik). Pada pasal 6.3 ditentukan parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek S_{DS} dan periode 1 detik S_{D1} .

Kajian Jurnal dalam Penelitian Sebelumnya

Landasan teori dalam penelitian yang dilakukan mengambil dari Jurnal Teknik Sipil Vol. 3, No. 1, 2006 Universitas Pelita Harapan (UPH) "Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000", Wiryanto Dewobroto dan Jurnal Teknik Sipil Vol. 3, No. 1, 2006 Universitas Kristen Maranatha "Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan *Pushover Analysis*", Yosafat Aji Pranata.

Dalam jurnal "Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000" dibahas tentang perencanaan tahan gempa berbasis kinerja dengan struktur baja. Menggunakan analisa *pushover* dengan bantuan *software* SAP2000. Peraturan yang dipakai SNI 1726-2002 untuk gempa dan SNI 1729-2000 untuk struktur baja. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui perilaku pola keruntuhan suatu bangunan dengan memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh bagian mana saja yang kritis. Kemudian pada bagian tersebut diperlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau daktailnya. Untuk kondisi jenis tanah dan wilayah gempanya diasumsikan tersendiri. Jurnal ini hanya memperhitungkan bagian struktur atas.

Dapat ditarik simpulan bahwa jurnal "Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000" yaitu bahwa perencanaan berbasis kinerja dapat memberikan informasi sejauh mana suatu gempa akan mempengaruhi struktur. Dengan demikian sejak awal pemilik bangunan, insinyur perencana maupun pemakai mendapat informasi bagaimana bangunan tersebut berperilaku bila ada gempa. Sedangkan Jurnal "Evaluasi Kinerja

Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan *Pushover Analysis*” membahas tentang perilaku bangunan berstruktur beton bertulang apabila terjadi gempa. Analisis respon dinamik menggunakan fungsi riwayat waktu. Terdapat 3 beban gempa yang dipergunakan yaitu berdasarkan El Centro (1940), Bucharest (1977), Flores (1992) dan Pacoima Dam (1971). Kemudian 3 beban tersebut diperbandingkan mana yang lebih besar dalam mempengaruhi struktur. Kemudian dari hasil analisis bahwa beban gempa Bucharest terjadi peralihan yang terbesar (deformasi dan *story drift*). Jurnal ini menggunakan 3 struktur beton dengan tipe 2 SRPMM dan 1 SRPMK yang dianalisis secara bergantian. Kategori jenis tanah dan wilayah gempa diasumsikan sendiri. Memakai SNI 1726-2002 untuk gempa dan SNI 2847-2002 untuk struktur beton.

Berdasarkan kajian dari kedua jurnal diatas tidak ditemukannya data nilai tanah (nilai SPT dan data sondir) untuk penelitian, metode yang dipakai adalah analisa gempa dinamik dengan time history dan masih menggunakan peraturan yang lama serta tipe bangunan berbentuk normal (bukan *soft story*) maka, untuk penelitian yang akan dilakukan menggunakan data nilai tanah sondir, metode beban gempa dengan statik ekuivalen dan memakai peraturan gempa SNI 1726-2012, baja SNI 1729-2015 serta terdapat tipe bangunan *soft story*.

Hubungan Nilai q_c dengan Rumus Pendekatan

Telah diterangkan sebelumnya bahwa terdapat rumus pendekatan antara q_c dengan V_s . Nilai q_c yang didapat berdasarkan data sondir di lapangan sebesar $200 \text{ kg/cm}^2 = 19,61 \text{ MPa} = 19.613 \text{ Kpa}$.

Tabel 1. Hasil uji pendekatan nilai CPT dengan V_s - tanah lempung-lanau

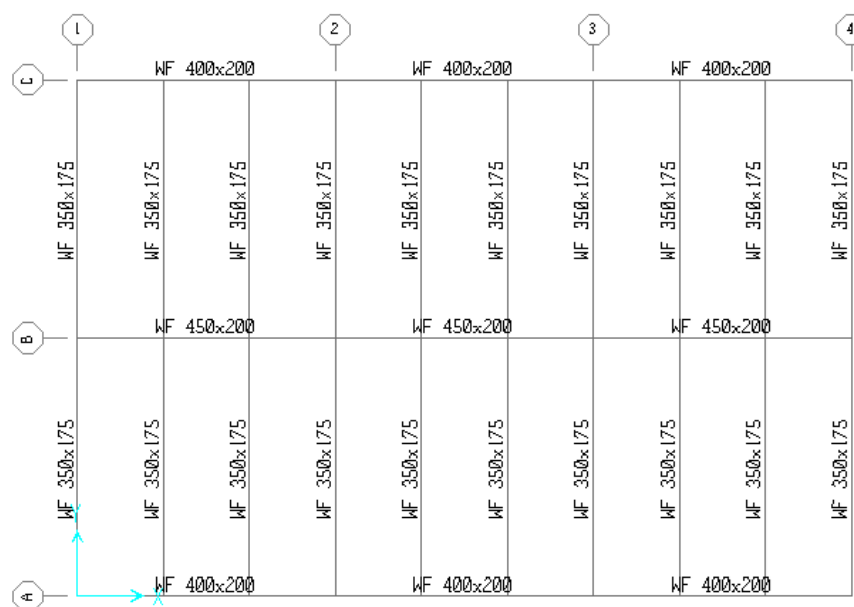
No	Parameter	Nilai V_s pendekatan	Satuan	Kelas Situs	
1	$V_s = 6.21 (q_c)^{0.444}$	500,016	m/s^2	SC	Tanah Keras
2	$V_s = 17.84 (q_c)^{0.301}$	349,504	m/s^2	SD	Tanah Sedang
3	$V_s = 211.2 (q_c)^{0.231}$	420,023	m/s^2	SC	Tanah Keras
4	$V_s = 115.70 (q_c)^{0.34}$	318,274	m/s^2	SD	Tanah Sedang

Berdasarkan rumus pendekatan dan tabel diatas, bahwa kelas situs didapat adalah SC (tanah keras) dan SD (tanah sedang). Kemudian ditentukan untuk kelas situs tanah dipakai adalah SD (tanah sedang) dan SE (tanah lunak) supaya struktur lebih aman.

Modelling Struktur pada SAP2000

Setelah kedua tipe struktur di-*modelling*-kan pada program SAP2000, maka dilanjutkan dengan meng-*input* beban gravitasi terlebih dahulu untuk mendapatkan profil material baja sesuai dengan SNI Baja 1729-2015 (AISC 360-10).

Input Profile Material Untuk Struktur Type Normal



Gambar 1 Profile material denah lantai



Gambar 2. Portal frame grid A dan C

Beban Gempa

Besarnya beban gempa yang dipakai berbeda untuk jenis tanah sedang atau lunak dan *type normal* atau *soft story* (perhitungan berat total struktur pada lampiran 3).

Tabel 2. Mencari nilai gaya geser kelas situs SD – Struktur *Normal*

S_{DS}	0,705
S_{D1}	0,417
Kategori resiko	II
Faktor keutamaan (I_e)	1
Kategori Desain Seismik	D
Sistem struktur	SRPMK
R	8
C_d	3
Ω_0	5,5
Koefisien respon seismik (C_s)	0,088
Periode fundamental (T_a)	0,721
C_s max	0,072
C_s min	0,031
C_s dipakai	0,072
Berat total struktur (W) (kN)	5.282,86
Gaya geser (V) (kN)	382,20
Eksponen (k)	1,11

Tabel 3. Beban gempa kelas situs SD – Struktur *Normal*

Lantai	Berat struktur (W)	Tinggi dari lt dasar (h)	$W h^k$	C_{vx}	F_x
	kN	m	kN.m		kN
4	1.103,87	14,8	22.012,50	0,357	136,31
3	1.353,83	11,2	19.809,74	0,321	122,67
2	1.386,26	7,6	13.186,28	0,214	81,66
1	1.438,90	4	6.709,80	0,109	41,55
			61.718,31	1,000	382,20

Tabel 4 Mencari nilai gaya geser kelas situs SE – Struktur *Normal*

S_{DS}	0,609
S_{D1}	0,613
Kategori resiko	II
Faktor keutamaan (I_e)	1
Kategori Desain Seismik	D
Sistem struktur	SRPMK
R	8
C_d	3
Ω_0	5,5
Koefisien respon seismik (C_s)	0,076
Periode fundamental (T_a)	0,721
C_s max	0,109
C_s min	0,027
C_s dipakai	0,076
Berat total struktur (W) (kN)	5.282,86
Gaya geser (V) (kN)	401,26
Eksponen (k)	1,11

Tabel 5. Beban gempa kelas situs SE – Struktur *Normal*

Lantai	Berat struktur (W)	Tinggi dari lt dasar (h)	W h ^k	C _{vx}	F _x
	kN	m	kN.m		kN
4	1.103,87	14,8	22.012,50	0,357	143,47
3	1.353,83	11,2	19.809,74	0,321	129,11
2	1.386,26	7,6	13.186,28	0,214	85,94
1	1.438,90	4	6.709,80	0,109	43,73
			61.718,31	1,000	402,26

Gaya dalam maksimal yang terjadi pada tiap elemen struktur ditabelkan sesuai dengan tipe elemen pada setiap lantai. Kemudian

nilai dari gaya dalam tersebut dibandingkan antara jenis tanah kelas situs SD (sedang) dengan SE (lunak).

Tabel 6. Gaya dalam maksimal, *type normal* - kelas situs SD

Lantai	Kolom			Balok Induk			Balok Anak		
	Momen	Geser	Aksial	Momen	Geser	Aksial	Momen	Geser	Aksial
	kN.m	kN	kN	kN.m	kN	kN	kN.m	kN	kN
4	70,36	35,48	372,03	176,39	139,09	49,39	79,29	46,01	1,57
3	83,11	42,51	795,77	197,80	154,55	46,53	94,40	54,72	1,27
2	88,85	47,35	1.210,79	190,65	150,23	30,45	94,40	54,72	0,85
1	154,61	49,55	1.632,36	189,13	148,39	15,49	94,40	54,72	0,54

Tabel 7. Gaya dalam maksimal, *type normal* - kelas situs SE

Lantai	Kolom			Balok Induk			Balok Anak		
	Momen	Geser	Aksial	Momen	Geser	Aksial	Momen	Geser	Aksial
	kN.m	kN	kN	kN.m	kN	kN	kN.m	kN	kN
4	70,36	35,48	372,03	176,39	139,09	51,98	79,29	46,01	1,65
3	87,47	44,74	795,77	197,80	154,55	48,97	94,40	54,72	1,33
2	93,39	49,83	1.210,79	190,65	150,23	32,05	94,40	54,72	0,89
1	162,73	52,15	1.632,36	189,13	148,39	15,49	94,40	54,72	0,56

Tabel 8. Perbandingan gaya dalam, *type normal* - situs SD terhadap SE

Lantai	Kolom			Balok Induk			Balok Anak		
	Momen	Geser	Aksial	Momen	Geser	Aksial	Momen	Geser	Aksial
4	100%	100%	100%	100%	100%	105%	100%	100%	105%
3	105%	105%	100%	100%	100%	105%	100%	100%	105%

2	105%	105%	100%	100%	100%	105%	100%	100%	105%
1	105%	105%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	105%

Berdasarkan tabel perbandingan persentase diatas, terjadi peningkatan gaya dalam sebesar 5% dari tanah kelas situs SD ke SE. Hal ini menunjukkan bahwa struktur dengan tanah dengan kelas situs SE akan menghasilkan nilai gaya dalam yang lebih besar dari kelas situs SD.

Simpangan

Simpangan pada struktur terjadi akibat dari beban gempa yang bekerja. Terdapat batasan yang diijinkan untuk simpangan yang terjadi pada struktur. Penentuan nilai simpangan yang terjadi sesuai dengan pasal 7.8.6, batasan simpangan sesuai dengan tabel 16 (lampiran 1) dan pasal 7.12.1.1

untuk mereduksi nilai simpangan ijin (joint node pada struktur lampiran 4).

Batasan simpangan pada struktur diambil sebesar $0,025h_{sx}$ dikarenakan struktur termasuk kedalam kategori resiko II, tidak terdapat dinding geser (*shear wall*) dan bukan struktur rangka batang. Nilai dari batasan simpangan tersebut dibagi dengan ρ karena, struktur hanya terdiri dari rangka penahan momen saja (kolom dan balok). Besarnya nilai ρ yaitu 1,0 atau 1,3 dan terdapat pada pasal 7.3.4.2 SNI gempa 2012 kemudian diambil nilai 1,3 karena tidak semua tingkat pada struktur *type normal* maupun *soft story* kelas situs SD dan SE menahan gaya geser lebih dari 35% dari total gaya geser yang terjadi.

Tabel 9. Simpangan maksimal struktur *type normal*, situs SD

Lantai	Tinggi, h (mm)	Joint Label	Simpangan, δ_e (mm)	Δ (mm), $C_d=5,5$ & $I_e=1,0$	$\Delta_a=0,025 h / \rho$ (mm) $\rho=1,3$	Syarat, $\Delta \leq \Delta_a$
1	4.000	8	7,6	41,8	76,92	Oke
2	3.600	121	17,5	54,45	69,23	Oke
3	3.600	122	27,45	54,725	69,23	Oke
4	3.600	123	34,71	39,93	69,23	Oke

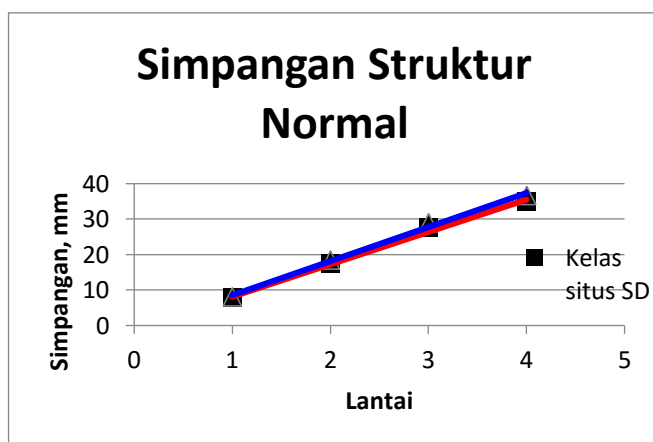
Tabel 10. Simpangan maksimal struktur *type normal*, situs SE

Lantai	Tinggi, h (mm)	Joint Label	Simpangan, δ_e (mm)	Δ (mm), $C_d=5,5$ & $I_e=1,0$	$\Delta_a=0,025 h / \rho$ (mm) $\rho=1,3$	Syarat, $\Delta \leq \Delta_a$
1	4.000	8	7,99	43,945	76,92	Oke
2	3.600	121	18,42	57,365	69,23	Oke
3	3.600	122	28,89	57,585	69,23	Oke
4	3.600	123	36,53	42,02	69,23	Oke

Tabel 11. Persentase simpangan maksimal struktur *type normal*, situs SD terhadap SE

Lantai	Kelas situs SD (mm)	Kelas situs SE (mm)	Persentase SD terhadap SE
1	7,60	7,99	105,13%
2	17,50	18,42	105,26%
3	27,45	28,89	105,25%
4	34,71	36,53	105,24%

Dari hasil perhitungan pengecekan simpangan ijin antar lantai (tabel diatas), didapat semua lantai pada struktur *type normal* maupun *soft story* dikelas situs tanah SD, SE dibawah batas yang diijinkan. Diketahui pula terjadi peningkatan simpangan sekitar sebesar 5% ketika struktur berdiri di tanah situs SE. Walaupun terjadi peningkatan simpangan pada struktur tetapi masih dalam batas aman yang diijinkan. Artinya struktur sudah memenuhi persyaratan simpangan ijin antar lantai SNI gempa 2012.

**Gambar 3.** Simpangan maksimal struktur *type normal*, situs SD dan SE

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah :

1. Kelas situs tanah dipakai untuk perencanaan baja tahan gempa apabila dipergunakan uji sondir dilapangan

adalah kelas situs SE (lunak) dikarenakan untuk menjamin struktur supaya lebih kuat dan aman.

2. Berdasarkan perhitungan, ditemukan bahwa tanah dengan kelas situs SE (lunak) mempunyai gaya dalam cenderung 5% lebih besar dari tanah kelas situs SD. Hal ini dikarenakan gaya geser yang terjadi pada tanah situs SE (lunak) lebih besar dari tanah situs SD (sedang). Demikian pula untuk simpangan yang terjadi pada tanah situs SE (lunak) lebih besar dari pada tanah situs SD (sedang).
3. Perhitungan menunjukkan bahwa tanah dengan kelas situs SE (lunak) mempunyai nilai persentase 5% lebih besar dari tanah situs SD (sedang) untuk gaya dalam dan simpangan maksimum yang terjadi.
4. Hasil perhitungan juga menunjukkan bahwa tidak diperlukannya penampang material yang lebih besar untuk bangunan baja pada tanah kelas situs SE (lunak). Dengan penampang material yang sama struktur sudah kuat untuk menahan gaya gempa yang terjadi.

Daftar Pustaka

- A., Prakoso, dkk, "*Karakteristik Geoteknik Stasiun Accelerometer Tanjung Priok (JATA) dan Depok (JAU)*", Jurnal Meteorologi dan Geofisika Vol. 12 No. 12, 2011.

Aji Pranata, Yosafat, ***“Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan Pushover Analisis (sesuai ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440)”***, Jurnal Teknik Sipil Vol. 3 No. 1, 2006.

Dewobroto, Wiryanto, ***“Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000”***, Jurnal Teknik Sipil Vol. 3 No. 1, 2006.

Dewobroto, Wiryanto, ***“Struktur Baja, Perilaku, Analisis dan Desain – AISC 2010”***, Lumina Press, [Http://lumina-press.com](http://lumina-press.com), 2015.

[Http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_sp_ektra_indonesia_2011](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_sp_ektra_indonesia_2011)

[Http://www.ibnukatsironline.com/2015/07/tafsir-surat-naml-ayat-91-93.html](http://www.ibnukatsironline.com/2015/07/tafsir-surat-naml-ayat-91-93.html)

PT Prisma Sarana Jaya Utama, ***“Laporan Akhir Penyelidikan Tanah Proyek Storage Area For Deck Raising of L-Subsidence”***, Februari, 2013.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2012, ***“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung”***, 2012.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727-2013, ***“Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”***, 2013.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 1729-2015, ***“Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”***, 2015.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847-2013, ***“Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung”***, 2013

